

## **Determinação e preparo da solução de fertilizantes para fertirrigação**

José Francismar de Medeiros

Valdemício Ferreira de Sousa

Celsemy Eleutério Maia

Eugênio Ferreira Coelho

Waldir Aparecido Marouelli



## Introdução

Na fertirrigação, o preparo das soluções fertilizantes consiste em determinar a quantidade de nutrientes e fertilizantes necessária para a cultura em cada aplicação e as respectivas concentrações. Na determinação da quantidade de nutrientes por aplicação, é necessário conhecer: a) a extração pela cultura durante o período; b) a quantidade de nutrientes que o solo pode fornecer para a cultura; c) a quantidade de nutrientes existente na água de irrigação; d) a marcha de absorção de nutrientes nos diferentes estádios fenológicos (DOMINGUEZ VIVANCOS 1996; PAPADOPOULOS, 1999); e a eficiência de aplicação e utilização dos nutrientes aplicados.

As soluções podem ser preparadas com apenas um fertilizante (soluções simples) ou com vários fertilizantes (soluções compostas). Nas soluções compostas, para definir os fertilizantes a serem aplicados via água de irrigação, é necessário verificar a compatibilidade entre eles. Não se devem misturar produtos que não sejam compatíveis entre si. Para qualquer tipo de solução, após determinadas as doses dos fertilizantes a serem aplicadas, o preparo da solução deve levar em consideração, principalmente, o seu pH e a solubilidade dos adubos. O pH da solução deve ser mantido entre 5,5 e 6,0. Para valores de pH acima de 7,5, pode ocorrer precipitação de carbonatos de cálcio e de magnésio, provocando entupimento dos emissores e das linhas de irrigação (BURT et al. 1995; COELHO et al., 2000; SOUSA et al. 1999).

Ressalta-se que, para realizar uma boa fertirrigação, é preciso determinar a solução adequada para a cultura, que é função da água de irrigação, do solo e das condições ambientais (CADAHIA LÓPEZ; EYMAR ALONSO, 1998). Portanto, não existe uma recomendação padrão para a concentração de nutrientes na solução a ser injetada no sistema de irrigação. Essa concentração pode ser obtida a partir da concentração da solução final desejada, que flui nos emissores de irrigação. A concentração média da solução deve ficar numa faixa de modo que o limite inferior não dilua demais a solução do solo e o superior não aumente de forma significativa a pressão osmótica da solução do solo. Com base nessa necessidade e nas fontes disponíveis (fertilizantes), preparam-se soluções concentradas dos fertilizantes, que permitam, dentro do tempo de fertirrigação, a aplicação dos nutrientes.

Este capítulo tem como objetivo apresentar critérios e metodologias que permitam determinar e preparar as soluções de fertilizantes a serem aplicadas por fertirrigação às culturas e as respectivas concentrações.

# Critérios para a determinação e o preparo de soluções fertilizantes

As soluções fertilizantes são aquelas preparadas para serem injetadas no sistema de irrigação, contendo os nutrientes necessários às plantas. Elas podem ser preparadas em baldes, caixas ou mesmo em tanques ou reservatórios de alvenaria azulejados ou com revestimento (lona plástica, manta butírica e PVC) preparado para esse fim. A injeção da solução deve ser feita na estação de controle, antes do filtro, de modo que partículas potencialmente causadoras de entupimentos nos emissores sejam retidas (COELHO, 2002).

Para se determinar e preparar uma solução de fertilizantes para fertirrigação, é necessário adotar como critério o conhecimento das propriedades da água de irrigação e dos fertilizantes.

## Propriedades da água de irrigação

Para o preparo de uma solução de fertilizantes adequada, é preciso conhecer as propriedades físicas, químicas e biológicas da água a ser usada na irrigação. Entre elas, pode-se destacar:

- a) Conteúdo de sais, que pode ser avaliado pela condutividade elétrica e pressão osmótica.
- b) Sodicidade, que é avaliada pelo conteúdo de sódio e está diretamente relacionada à razão de adsorção de sódio.
- c) Capacidade de entupimentos físicos, químicos e biológicos.
- d) Toxicidades específicas por íons, tais como, cloro, sódio e bicarbonatos.
- e) Acidez e poder tampão, que podem ser avaliados com o conhecimento do pH e corrigida (acidez) com o auxílio da curva de neutralização.
- f) Presença de íons sulfatos ( $\text{SO}_4^-$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^-$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e sódio ( $\text{Na}^+$ ).

## Propriedades dos fertilizantes

Na determinação e preparo da solução de fertilizantes, é necessário saber as propriedades ou características dos principais fertilizantes utilizados na fertirrigação,

como solubilidade, pureza, índice de salinidade, acidez, concentração dos nutrientes, densidade, grau de compatibilidade entre fertilizantes e concentrações mais utilizadas na solução-estoque.

No caso da solubilidade, a fertirrigação preconiza o uso de fertilizantes solúveis em água. Alarcon (1997) afirma que um fertilizante, para ser usado na fertirrigação, deve ter alta solubilidade em água e os resíduos insolúveis a 15 °C devem ser inferiores a 0,5%. Com relação à pureza, na preparação da solução, os fertilizantes devem ter o mínimo de impureza possível. A Tabela 1 apresenta características de alguns fertilizantes comerciais, comumente usados na fertirrigação. Todas as características são de fundamental importância para um adequado manejo da fer-

**Tabela 1.** Características dos principais fertilizantes usados na fertirrigação.

Fertilizante (formulação)	PM <sup>(1)</sup>	Densidade (kg L <sup>-1</sup> )	Solubilidade a 20 °C (g L <sup>-1</sup> )	Concentração utilizada (%)	IS <sup>(2)</sup>	IA <sup>(3)</sup>	CE <sup>(4)</sup> (dS m <sup>-1</sup> )
Nitrato de potássio (13-0-46)	101,10	2,109	317	10–15	74	-26	0,69
Nitrato de cálcio (15,5-0-0-26,6 CaO)	164,10	2,504	1.294	20,0	53	-20	0,60
Ureia (46-0-0)	60,00	1,366	1.080	10,0	75	71	0,00
Sulfato de amônio (21-0-0-22S)	132,20	1,769	754	7,5	69	110	1,03
Fosfato monoamônico (MAP) (12-60-0)	115,00	1,803	368	10,0	34	65	0,45
Nitrato de amônio (33,5-0-0)	80,05	1,725	1.877	20,0	105	62	0,85
Fosfato diamônico (DAP) (11-37-0)	132,10	1,619	689	-	24	77	-
Fosfato monopotássico (MKP) (0-52-33)	136,10	2,338	227	10,0	8	Neutro	0,38
Cloreto de potássio (0-0-60)	74,55	1,984	342	10–15	116	Neutro	0,95
Sulfato de potássio (0-0-50-18S)	174,70	2,662	111	7,5	46	Neutro	0,88
Sulfato de magnésio (16MgO e 13S)	243,50	1,680	356	7,5	62	Neutro	0,41
Sulfato de cálcio	172,20	2,320	2	10,0	-	Neutro	-
Ácido fosfórico	98,00	1,38–1,58	-	10,0	-	76	1,54
Ácido nítrico	63,00	1,34–1,36	-	10,0	-	46	2,29

<sup>(1)</sup> PM = Peso Molecular.

<sup>(2)</sup> IS = Índice de Salinidade - percentual de aumento da pressão osmótica em relação ao nitrato de sódio.

<sup>(3)</sup> IA = Índice de Acidez - quantidade de CaCO<sub>3</sub> requerida para neutralizar a acidez produzida.

<sup>(4)</sup> CE = Condutividade Elétrica obtida em 0,5 mL ou 0,5 g L<sup>-1</sup> do fertilizante.

Fonte: Alarcon (1997).

tirrigação, no entanto, a acidez, o índice de salinidade e o grau de compatibilidade entre fertilizantes serão mais enfatizados em razão das suas maiores complexidades na determinação, preparo e manejo da aplicação da solução fertilizante.

## Acidez

O pH da solução deve estar entre 5,5 e 6,0. Acima de 6,3, deve-se evitar misturar produtos contendo cálcio com soluções fosfatadas (COELHO et al., 2000; SOUSA; COELHO, 2001). Para se aplicarem soluções fosfatadas em água rica em cálcio ( $\text{Ca} > 3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), o pH da água deve ser inferior a 6,3. A redução do pH da solução pode ser feita com base na curva de neutralização da água. A curva de neutralização permite a obtenção da quantidade exata de ácido necessária ao ajuste do pH, entretanto, o seu uso pode tornar mais trabalhoso e oneroso o processo de correção do pH, sobretudo quando não se dispõe de um medidor de pH. Na prática, existem algumas recomendações, como aplicar 1 a 2  $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$  de ácido, contudo, apenas é válida para águas superficiais, que têm entre 2 e 4  $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$  de bicarbonatos. Para saber o volume de ácido (mL) por metro cúbico de água, conhecendo-se os miliequivalentes, podem ser usadas as tabelas de ácido nítrico (Tabela 2), ácido fosfórico (Tabela 3) e ácido sulfúrico (Tabela 4). Dos ácidos utilizados na fertirrigação, o ácido sulfúrico e o fosfórico são considerados polipróticos, e o primeiro apresenta as duas ionizações praticamente completas dentro da faixa de pH frequentemente utilizada. Para o ácido fosfórico, sua ionização é função do pH final da água desejada já que esta é altamente de-

**Tabela 2.** Ácido nítrico em opções comerciais.

Densidade $\text{kg L}^{-1}$	% $\text{HNO}_3$	Número de mol por litro	Vol. para 1,0 mol (mL)	Vol. para 1,0 $\text{mmol}_c$ (mL)	N- $\text{NO}_3$ ( $\text{g L}^{-1}$ )
1,13	30,0	5,38	185,88	0,186	75,36
1,33	53,5	11,29	88,56	0,089	158,17
1,35	57,9	12,40	80,61	0,081	173,75
1,36	58,0	12,52	79,88	0,080	175,34
1,36	59,0	12,73	78,53	0,079	178,37
1,37	61,0	13,26	75,40	0,075	185,77
1,38	62,5	13,69	73,06	0,073	191,73
1,39	65,0	14,34	69,74	0,070	200,84
1,40	67,0	14,89	67,18	0,067	208,51
1,41	69,0	15,44	64,77	0,065	216,27

**Tabela 3.** Ácido fosfórico em opções comerciais.

Densidade kg L <sup>-1</sup>	% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Número de mol por litro	Vol. para 1,0 mol (mL)	Vol. para 1,0 mmol <sub>e</sub> (mL) <sup>(1)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g L <sup>-1</sup> )
1,25	37	4,72	211,88	0,182	334,77
1,58	75	12,09	82,70	0,071	857,73
1,70	85	14,75	67,82	0,058	1.045,93

<sup>(1)</sup> Para pH final da água de 6,5.

**Tabela 4.** Ácido sulfúrico em opções comerciais.

Densidade kg L <sup>-1</sup>	% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Número de mol por litro	Vol. para 1,0 mol (mL)	Vol. para 1,0 mmol <sub>e</sub> (mL)	S-SO <sub>4</sub> (g L <sup>-1</sup> )
1,18	25	3,01	332,47	0,166	96,45
1,30	40	5,30	188,61	0,094	170,01
1,83	95	17,73	56,42	0,028	568,40

pendente do pH. Em pH 4,5 todo o ácido fosfórico encontra-se na forma H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e, a partir desse valor, o segundo hidrogênio inicia sua ionização, completando-se em torno de pH 9,5. Assim, na faixa de pH entre 4,5 e 9,5, a ionização será fracionária, ficando entre 1 e 2. Egreja Filho et al. (1999) propuseram um modelo matemático para calcular o valor da ionização (*n*) do ácido fosfórico entre os valores de pH 4,5 e 9,5 como sendo  $n=1+\alpha$ , sendo  $\alpha$  função do pH da água de irrigação desejado e estimado pela equação 1.

$$\alpha = \frac{10^{-9,37} \times 10^{-pH}}{(10^{-pH})^3 + 10^{-2,16} \times 10^{-2pH} + 10^{-9,37} \times 10^{-pH} + 10^{-21,69}} \quad (1)$$

## Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (*CE*) da água de irrigação após a adição da solução de fertilizantes não deve ultrapassar 2,0 dS m<sup>-1</sup> e a sua pressão osmótica deve ficar entre 70 kPa e 100 kPa. Valores maiores são permitidos quando a cultura fertirrigada é tolerante à salinidade. A condutividade elétrica depende do tipo de sais de uma solução e da concentração dessa solução. Alguns sais são mais condutores que outros, como o sulfato de amônio, que é melhor condutor comparado ao nitrato de cálcio e à ureia, que não são condutores. A Tabela 5 apresenta os valores da *CE* em razão da concentração de alguns fertilizantes utilizados na fertirriga-

**Tabela 5.** Valores de pH e de condutividade elétrica (*CE*) de alguns fertilizantes utilizados na fertirrigação conforme a concentração.

Fertilizante	Concentração (g L <sup>-1</sup> )	pH <sup>(1)</sup>	CE (dS m <sup>-1</sup> )
Nitrato de amônio	2,00	5,40	2,80
33,3% de N	1,00	5,60	0,90
	0,50	5,60	0,80
	0,25	5,90	0,50
Ureia	3,00	6,30	0,10
46% de N	1,00	5,80	0,07
	0,50	5,70	0,07
	0,25	5,60	0,05
Sulfato de amônio	1,00	5,50	2,10
21% de N	0,50	5,50	1,10
	0,25	5,50	0,50
Ácido fosfórico	1,00	2,60	1,70
54% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,50	2,80	1,00
	0,25	3,10	0,50
Fosfato monoamônico (MAP)	1,00	4,90	0,80
(12-61-00)	0,50	5,00	0,40
	0,25	5,30	0,20
Nitrato de potássio (16-00-46)	1,00	7,00	1,30
	0,50	6,60	0,60
	0,25	6,60	0,30
Sulfato de potássio (00-00-50)	1,00	7,10	1,40
	0,50	6,60	0,80
	0,25	6,60	0,30

<sup>(1)</sup> Depende da origem do adubo.  
Fonte: Domínguez Vivancos (1996).

ção. O incremento da *CE* por quantidade de sais adicionados à água depende da própria *CE* inicial da água, sobretudo quando a *CE* da mistura água mais adubos ultrapassa 5,0 dS m<sup>-1</sup>. Isso ocorre pelo fato de a relação entre a *CE* e a concentração não ser perfeitamente linear. Entretanto, fazendo-se curvas de calibração, os erros poderão ficar abaixo de 5%.

Cada solução de fertilizantes é feita a partir de uma condição inicial diferente, em termos da qualidade da água de irrigação, com variados componentes, e solubilidade diferente. Dessa forma, não se pode esperar precisão no uso da condutividade elétrica para estimar a concentração de uma solução de fertilizantes.



Da mesma forma, o uso da condutividade elétrica de uma solução para estimar o seu potencial osmótico deve ser ponderado.

No preparo da solução de fertilizantes, devem-se evitar misturas, como: cálcio e magnésio com fosfatos; cálcio com sulfatos; fósforo com nitrato de cálcio, magnésio e sulfato de magnésio. Normalmente, usa-se numa solução de fertilizantes o nitrato de cálcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  para aplicação de cálcio. A aplicação de magnésio é feita nas formas do nitrato de magnésio  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  e sulfato de magnésio  $\text{Mg}(\text{SO}_4)$ . O potássio pode ser aplicado na forma do nitrato de potássio (KNO); nitrogênio, nas formas do nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) e ureia  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .

A formulação da solução de fertilizantes depende, portanto, de diversos fatores. O cálculo dessas soluções tem sido voltado também para a hidroponia, em que o solo é desconsiderado e apenas a água de irrigação é levada em conta. Nesse caso, parte-se de soluções consideradas adequadas para determinados cultivos. Nessas soluções adequadas, são estabelecidas concentrações ( $\text{cmol dm}^{-3}$ ) para os possíveis cátions e ânions a serem usados. Tais valores de concentração são subtraídos dos valores desses íons presentes na água de irrigação previamente analisada, resultando nos valores de milequivalentes por litro de cada íon necessário para se obter a solução ideal. A partir disso, formulam-se os compostos ou as fontes dos íons a serem aplicados e calculam-se as respectivas quantidades.

No caso da fertirrigação em campo, não há recomendações de soluções adequadas, tomadas como padrão, como as propostas para hidroponia (Tabela 6). De acordo com Coelho (2002) e Sousa et al. (1999), os critérios para o caso baseiam-se no fato de que a concentração de fertilizantes na água de irrigação, na saída dos emissores, não deve ser superior a  $700 \text{ mg L}^{-1}$ , devendo ficar entre  $200 \text{ mg L}^{-1}$

**Tabela 6.** Componentes de soluções de fertilizantes propostas para uso em fertirrigação ( $\text{mg L}^{-1}$ ), em condições de hidroponia.

$\text{Ca}^{++}$	$\text{Mg}^{++}$	$\text{K}^+$	$\text{N NH}_4$	$\text{N NO}_3$	$\text{P PO}_4^{-3}$	$\text{S SO}_4^{-2}$	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
200	48	234	210	31	64	-	-	0,10	0,014	0,01	0,10	0,016
200	48	195	-	196	31	64,0	0,5	0,25	0,020	0,25	0,25	0,010
200	96	390	28	140	63	447,0	1,0	0,30	0,020	0,05	0,50	-
197	44	400	30	145	65	197,5	2,0	0,50	0,030	0,05	0,50	0,020

Fonte: Resh (2001).

e 400 mg L<sup>-1</sup>, principalmente para os sistemas por gotejamento, que são os mais sujeitos a entupimentos de emissores.

## Grau de compatibilidade entre fertilizantes

No preparo da solução com dois ou mais fertilizantes, deve-se evitar incompatibilidade entre eles. Para isso, pode-se consultar a Figura 1 ou fazer o teste de incompatibilidade, que é o mais correto. Segundo Vieira e Ramos (1999), o teste de incompatibilidade pode ser feito na propriedade, misturando-se os fertilizantes com a água de irrigação em recipiente transparente, na mesma diluição água/fertilizante aplicada no sistema de irrigação. Após a mistura, deixa-se em repouso por 2 horas e observa-se a presença de precipitados ou turvamento no fundo do recipiente. Caso isso ocorra, há possibilidade de a injeção simultânea dos dois produtos causar entupimento das linhas ou dos emissores.

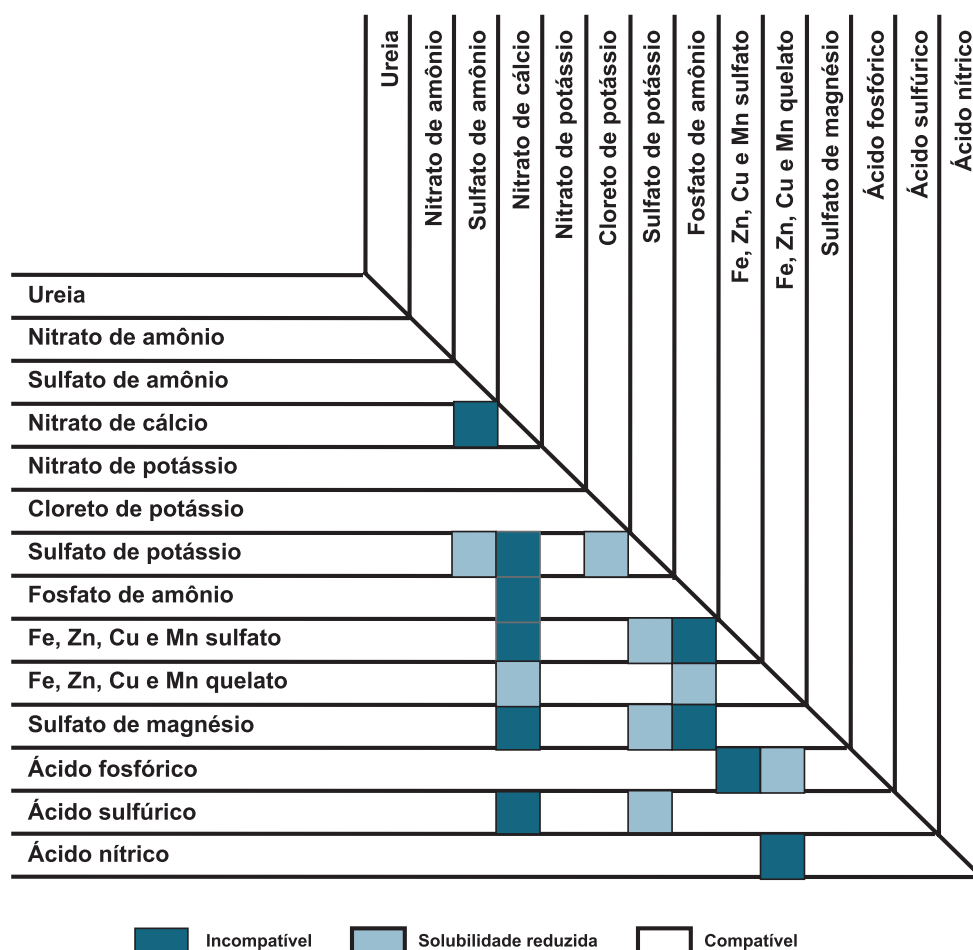


Figura 1. Orientação para mistura de alguns fertilizantes com base na compatibilidade.

Fonte: adaptado de Burt et al. (1995), Landis et al. (1989) e Montag (1999).

Misturas com ácido nítrico ou sulfúrico podem gerar calor. Para a mistura de fertilizantes na fertirrigação, existem algumas regras básicas que devem ser levadas em consideração. Entre elas, incluem-se:

- 1) Sempre encher o recipiente de água com 50% a 75% da quantidade de água necessária à dissolução dos fertilizantes sólidos.
- 2) Sempre adicionar primeiro os fertilizantes líquidos à água no recipiente de mistura e depois adicionar os fertilizantes sólidos. Os fertilizantes líquidos têm a característica, em alguns casos, de aumentar a temperatura da solução, enquanto os fertilizantes sólidos, de baixar a temperatura.
- 3) Sempre adicionar os fertilizantes sólidos lentamente e com agitação para prevenir a formação de partículas de solubilização mais lenta.
- 4) Sempre adicionar o ácido à água, e não o contrário.
- 5) Não misturar amônia anidra ou aquamônia diretamente com qualquer tipo de ácido. A reação é violenta e imediata.
- 6) Não misturar soluções de fertilizantes concentradas diretamente com outra solução também concentrada.
- 7) Não misturar compostos contendo sulfato com outros que contenham cálcio. O resultado será a formação de sulfato de cálcio que é de baixa solubilidade.
- 8) Sempre conferir as informações sobre solubilidade e incompatibilidade dos fertilizantes utilizados.
- 9) Muitos problemas de incompatibilidade tendem a desaparecer se os fertilizantes forem aplicados em pequenas concentrações ou aplicados separadamente.
- 10) Não misturar fertilizantes contendo fósforo com outro fertilizante que contenha cálcio ou magnésio, sem fazer um teste primeiro.
- 11) Altos teores de cálcio e/ou magnésio na água podem combinar com o fosfato e formar substâncias de baixa solubilidade.
- 12) Não misturar hipoclorito de sódio ou de cálcio com fertilizantes contendo nitrogênio. Pode haver formação de cloroamina, que é tóxico.
- 13) Não misturar ácido fosfórico com sulfato de ferro, sulfato de zinco, sulfato de cobre e sulfato de manganês.

- 14) Não misturar sulfato de amônio com cloreto de potássio. Haverá formação de sulfato de potássio, que é de mais baixa solubilidade que os dois fertilizantes misturados.

Com base nessas regras básicas de mistura de fertilizantes, recomenda-se que sejam utilizados três recipientes ou tanques para o armazenamento da solução-estoque, sendo um para a mistura de fertilizantes cálcicos (ácido ou neutro), outro para micronutrientes em meio neutro e o último para os demais fertilizantes (exceto o cálcio) em meio ácido (CADAHIA LÓPEZ; EYMAR ALONSO, 1998).

## Cálculos da solução fertilizante

Há diferentes maneiras de se formular uma solução de fertilizantes, entretanto, no caso de fertirrigação em culturas, particularmente em fruteiras, sabe-se que a quantidade de nutrientes a ser aplicada pode ser determinada por planta ou por área. De posse dessa quantidade de nutrientes, é necessário determinar a quantidade de fertilizante comercial e o método utilizado para aplicar esse fertilizante via água de irrigação. Com o peso do nutriente ou do fertilizante-fonte e com a sua concentração, pode-se determinar o volume necessário para manter tal concentração.

## Cálculo da necessidade de fertilizante

As quantidades de nutrientes a serem aplicadas nas culturas podem ser determinadas mediante a necessidade da cultura para obter uma determinada produtividade, subtraindo-se das concentrações existentes no solo e na água de irrigação. No entanto, com os resultados da análise de solo e de água, de acordo com Sousa e Coelho (2001) e Sousa et al. (2002), pode-se determinar a necessidade de adubação, utilizando-se as equações 2, 3, 4, 5, 6 e 7:

- a) Massa do solo ocupada pelas raízes.

$$M_{so} = z \times d \times 10^4 \quad (2)$$

em que  $M_{so}$  é a massa do solo ocupada pelas raízes ( $t \text{ ha}^{-1}$ ),  $d$  a densidade do solo ( $t \text{ m}^{-3}$ ) e  $z$  a profundidade do sistema radicular (m).

- b) Quantidade de nutriente disponível no solo.

$$M_{ns} = M_{so} \times d_n \times 10^{-3} \quad (3)$$

em que  $M_{ns}$  é a quantidade de nutriente disponível no solo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $M_{so}$  a massa de solo ( $\text{t ha}^{-1}$ ) e  $d_n$  a disponibilidade de nutriente no solo ( $\text{g t}^{-1}$ ) dada pela análise de solo.

A disponibilidade de potássio no solo pode ser estimada pela seguinte equação:

$$M_{K_2O} = \frac{M_{SO} \times d_{Ks} \times 0,0184}{d} \quad (4)$$

em que  $M_{K_2O}$  é a quantidade de  $K_2O$  disponível no solo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $M_{so}$  a massa de solo ( $\text{t ha}^{-1}$ ) e  $d_{Ks}$  a disponibilidade de K no solo ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ).

c) Quantidade de nutriente disponível na água de irrigação.

$$M_{na} = V_{ia} \cdot d_{na} \quad (5)$$

A disponibilidade de potássio na água de irrigação pode se estimada por:

$$M_{K_2Oa} = \frac{V_{ia} \times d_{Ka} \times 0,0184}{d_a} \quad (6)$$

em que  $M_{na}$  é a quantidade de nutriente na água de irrigação ( $\text{kg}$ ),  $V_{ia}$  o volume total de água aplicado por hectare no ciclo da cultura ( $\text{m}^3$ ),  $d_{na}$  a disponibilidade de nutriente na água de irrigação ( $\text{kg m}^{-3}$ ),  $M_{K_2Oa}$  a quantidade de potássio na água de irrigação ( $\text{kg}$ ),  $d_{Ka}$  a disponibilidade de potássio na água de irrigação ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e  $d_a$  a densidade da água ( $\text{g cm}^3$ ).

d) Quantidade de nutriente necessária.

$$M_{nn} = \frac{M_{nr} - M_{ns} - M_{na}}{E_{Ff}} \quad (7)$$

em que  $M_{nn}$  é a quantidade de nutriente necessária ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $M_{nr}$  a quantidade de nutriente recomendada ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $M_{ns}$  a quantidade de nutriente disponível no solo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $M_{na}$  a quantidade de nutriente disponível na água de irrigação ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e  $E_{Ff}$  a eficiência de fertirrigação (decimal).

As quantidades de nitrogênio e potássio necessárias à fertirrigação podem ser estimadas pelas equações 8 e 9 respectivamente:

$$M_{Nn} = \frac{M_{Nr} - M_{Ns} - M_{Na}}{E_{Ff}} \quad (8)$$

em que  $M_{Nn}$  é a quantidade de nitrogênio necessária ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $M_{Nr}$  a quantidade de nitrogênio recomendada ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $M_{Ns}$  a quantidade de nitrogênio disponível

no solo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e  $M_{Ni}$  a quantidade de nitrogênio disponível na água de irrigação ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

$$M_{K_2O_n} = \frac{M_{K_2O_r} - M_{K_2O} - M_{K_2O_a}}{E_{Ff}} \quad (9)$$

em que  $M_{K_2O_n}$  é a quantidade de  $K_2O$  recomendada ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $M_{K_2O}$  a quantidade de  $K_2O$  disponível no solo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e  $M_{K_2O_a}$  a quantidade de  $K_2O$  disponível na água de irrigação ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Após calculadas as necessidades de nutrientes, selecionam-se os fertilizantes e procede-se aos cálculos das quantidades por setor e por aplicação, o que pode ser feito por meio das equações 10, 11 e 12:

a) Quantidade de fertilizante a aplicar por setor.

$$M_{fs} = \frac{M_m \times A_s}{C_n} \quad (10)$$

em que  $M_{fs}$  é a quantidade de fertilizante por setor (kg),  $A_s$  a área do setor (ha) e  $C_n$  a concentração de nutriente no fertilizante (decimal).

b) Número de aplicações no período do ciclo da cultura.

$$N_a = \frac{n_{dp}}{F} \quad (11)$$

em que  $N_a$  é o número de aplicações no período,  $n_{dp}$  o número de dias no período e  $F$  a frequência da fertirrigação (dias).

c) Quantidade de fertilizantes por aplicação.

$$M_{fa} = \frac{M_{fs} \times d_{pn}}{N_a} \quad (12)$$

em que  $M_{fa}$  é a quantidade de fertilizante por aplicação (kg),  $M_{fs}$  a quantidade de fertilizante por setor (kg),  $d_{pn}$  a distribuição percentual de nutriente no período (decimal) e  $N_a$  o número de aplicações no período.

Ao se conhecer a quantidade de nutrientes a ser aplicada por setor e por aplicação, escolhe-se o fertilizante-fonte e procede-se aos cálculos para determinar o volume de água necessário para preparar a solução na devida concentração. A necessidade de nutrientes pode ser expressa em concentração ou em quantidade por unidade de área ou por planta.

## Cálculo da solução com base na quantidade de nutrientes

No caso de a recomendação da aplicação de nutrientes ser feita com base em massa (kg) por hectare, é comum ocorrer duas situações: a) uso de dispositivos de injeção, cuja solução é injetada a partir de tanques hermeticamente fechados, com variação da concentração do nutriente ou fertilizante no seu interior; b) uso de dispositivos de injeção, cuja solução é injetada a partir de tanques abertos, podendo-se assumir constante a concentração da solução durante a aplicação.

## Cálculo da solução utilizando o tanque de derivação de fluxo

Quando a concentração do nutriente no tanque de injeção é variável, como é o caso do tanque de derivação de fluxo, a concentração da solução fertilizante  $C_t$  no interior do tanque em qualquer tempo (t) é dada pela equação 13 (SHANI, 1981).

$$C_t = C_o \times e^{-x} \quad (13)$$

em que  $C_t$  é a concentração da solução fertilizante no interior ( $\text{g L}^{-1}$ ),  $C_o$  a concentração inicial no tanque ( $\text{g L}^{-1}$ ) e  $x$  a razão entre o volume que passou pelo tanque ( $V$ ) e o volume do tanque ( $V_t$ ) e  $x = \frac{V}{V_t}$ .

Se a concentração inicial é 100%, a concentração relativa no tanque em um tempo t é determinada por:  $C_t = 100 e^{-x}$ .

Recomenda-se que a aplicação esteja concluída quando a concentração de fertilizantes no tanque for menor ou igual a 2%, o que equivale à passagem de um volume de água quatro vezes superior ao volume do tanque:  $V = 4V_t$ . Essa recomendação, aparentemente simples, pode ser difícil de realizar no campo caso não se disponha de dispositivos que permitam regular a vazão de entrada de água no tanque.

A determinação da vazão de entrada no tanque é feita com base no volume total que passa pelo tanque e no tempo de fertirrigação estabelecido (equação 14).

$$q_i = V/t \quad (14)$$

em que  $q_i$  é a taxa de injeção ou vazão de entrada de água no tanque de derivação de fluxo ( $\text{L min}^{-1}$ ).

## Exemplo 1

Determinar a taxa de injeção de solução na linha de irrigação ( $q_i$ ) necessária para realizar a fertirrigação em 40 minutos, com um tanque de derivação de fluxo de volume ( $V_t$ ) = 200 L. Considerar a concentração final no tanque de 2%.

O volume de água que passa pelo tanque de derivação levando o nutriente para a linha de irrigação, é calculado da seguinte forma:

$$2 = 100 e^{-x} \quad x = \ln 50 = 3,912,$$

$$\text{como } x = \frac{V}{V_t}, \text{ assim: } V = x V_t \rightarrow V = 3,912 \times 200 = 782,4 \text{ L}$$

Sendo  $V$  o volume de solução aplicado em 40 minutos, a taxa de injeção é dada por:

$$q_i = V/t \rightarrow q_i = 782,4/40 = 19,56 \text{ L min}^{-1}$$

Assim, o sistema deve ser calibrado para que a entrada de água no tanque de derivação de fluxo seja  $q_i = 19,56 \text{ L min}^{-1}$ .

## Cálculo da solução utilizando outros injetores

Se a injeção for feita a partir de um tanque aberto, com uso de uma bomba de injeção de solução de fertilizantes de pressão positiva ou negativa (Figura 2), é necessário o cálculo da massa de fertilizante a ser diluída no tanque ou recipiente para o preparo da solução fertilizante. Para proceder aos cálculos, é necessário conhecer a vazão da bomba de injeção da solução de fertilizantes e do sistema de irrigação, bem como as concentrações dos fertilizantes na água de irrigação antes e depois da adição dos fertilizantes ao sistema de irrigação.

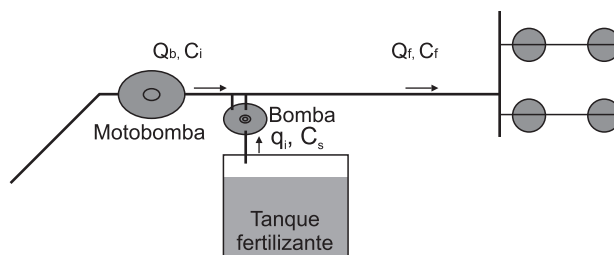


Figura 2. Injeção e distribuição da solução fertilizante no sistema de irrigação.

## Procedimento 1

Esse procedimento parte da existência de um tanque de volume ( $V_t$ ) conhecido. Uma vez obtida a quantidade de fertilizante a ser adicionada ao tanque, resta sa-



ber se o tanque disponível é suficiente para conter toda a solução a ser usada ou se será necessário mais de um tanque de fertilizante.

As equações 15, 16 e 17 determinam o procedimento de cálculo da concentração da solução fertilizante (COELHO, 2002).

$$Q_f \times C_f = Q_b \times C_i + q_i \times C_s \quad (15)$$

$$C_s = \frac{Q_f \times C_f - Q_b \times C_i}{q_i} \quad (16)$$

em que  $Q_b$  é a vazão do sistema de irrigação que sai da bomba ( $L h^{-1}$ ),  $C_i$  a concentração da água aduzida para irrigação ( $g L^{-1}$ ),  $q_i$  a vazão de injeção da solução ( $L h^{-1}$ ),  $C_s$  a concentração da solução fertilizante no tanque ( $g L^{-1}$ ),  $Q_f$  a vazão final do sistema de irrigação ( $L h^{-1}$ ) e  $C_f$  a concentração final da água na saída dos emissores ( $g L^{-1}$ ).

Se a concentração da água de irrigação aduzida da fonte for desprezada,  $C_i = 0$ , a concentração da solução ( $C_s$ ) pode ser determinada pela equação 17.

$$C_s = \frac{Q_f \times C_f}{q_i} \quad (17)$$

A quantidade de fertilizante a ser diluída no tanque de solução é função da vazão do sistema ( $Q_b$ ), da vazão ou taxa de injeção da solução fertilizante ( $q_i$ ), podendo ser determinada pela equação 18.

$$M_{fd} = \frac{10^{-3} Q_f \times C_f \times V_t}{q_i \times C_n} \quad (18)$$

em que  $M_{fd}$  é a quantidade de fertilizante a ser diluída (kg),  $V_t$  o volume do tanque (L) e  $C_n$  a concentração do nutriente no fertilizante (decimal).

Se a concentração inicial de nutrientes da água de irrigação ( $C_i$ ) for considerada, o cálculo da concentração do nutriente na solução de fertilizantes deve ser dado a partir da equação 19 e a concentração da solução fertilizante será dada pela equação 20.

$$Q_f \times C_f = (Q_f - q_i) C_i + q_i \times C_s \quad (19)$$

$$C_s = \frac{Q_f \times C_f - (Q_f - q_i) C_i}{q_i} \quad (20)$$

A quantidade de fertilizante a ser diluída no tanque de solução (kg) pode ser calculada pela equação 21.

$$M = \frac{10^{-3} (C_s - C_i) V t}{C_n} \quad (21)$$

Para se saber o número de tanques a ser usado, deve-se conhecer a quantidade total de nutriente a ser usada por área, a área total a ser fertirrigada, a concentração do nutriente no fertilizante e a massa do nutriente na solução de fertilizantes, e aplicar a equação 22.

$$N_t = \frac{M_n \times A_t}{C_n \times M} \quad (22)$$

em que  $N_t$  é o número de tanques,  $M_n$  a quantidade total de nutriente a ser usada por área ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $A_t$  a área total a ser fertirrigada (ha),  $C_n$  a concentração do nutriente no fertilizante (decimal) e  $M$  a quantidade do nutriente na solução de fertilizantes (kg).

## Exemplo 2

Um produtor rural tem uma área de 3 ha (setor único) cultivada com fruteira irrigada por microaspersão. Para uma determinada fase da cultura, a quantidade de nitrogênio por aplicação é  $1,8 \text{ kg ha}^{-1}$ . Sabendo-se que a vazão do sistema de irrigação  $Q_b = 50.000 \text{ L h}^{-1}$ , a concentração de nitrogênio na saída do emissor  $C_f = 10 \text{ mg L}^{-1}$ , a vazão de injeção da solução na linha de irrigação  $q_i = 30 \text{ L h}^{-1}$ , o tanque de volume  $V_t = 120 \text{ L}$  e o fertilizante a ser usado é ureia com 46% de nitrogênio, calcular a quantidade de ureia a ser dissolvida no tanque, a concentração de ureia no tanque e o número de tanques de  $V_t = 120 \text{ L}$  necessários para diluir e aplicar a quantidade de ureia calculada.

Pela equação 18, a quantidade de ureia a ser diluída em um tanque de 120 L será:

$$M = \frac{10^{-3} \times 50.000 \times 0,01 \times 120}{30 \times 0,46} \rightarrow M = 4.348 \text{ g} \quad M = 4,35 \text{ kg de ureia}$$

A concentração de ureia no tanque com capacidade de 120 L de água será:

$$C_u = \frac{4.348}{120} \rightarrow C_u = 36,23 \text{ g L}^{-1}$$

Pela equação 22, o número de tanques de 120 L necessários à aplicação da ureia será:

$$N_t = \frac{1,8 \times 3}{0,46 \times 4,35} \rightarrow N_t = 3 \text{ tanques de 120 L}$$

## Procedimento 2

Neste procedimento, para preparar a solução de fertilizantes, é preciso conhecer a quantidade de fertilizante por aplicação, a taxa de injeção, a razão de injeção, a vazão do sistema de irrigação, o tempo de fertirrigação, a concentração inicial da solução no tanque e a concentração final na água de irrigação. De acordo com Sousa et al. (1999) e Sousa e Coelho (2001), a quantidade de fertilizante por aplicação, a taxa de injeção, a concentração final na água de irrigação e a concentração inicial da solução no tanque podem ser determinadas pelas equações 11, 23, 24 e 17 respectivamente.

$$q_i = r_i \times Q_b \quad (23)$$

$$C_f = \frac{M_{fa}}{Q_b \times T_f} \quad (24)$$

em que  $M_{fa}$  é a quantidade de fertilizante a ser aplicada em uma dada área ou setor (kg),  $q_i$  a vazão de injeção,  $r_i$  a razão de injeção,  $Q_b$  a vazão do sistema de irrigação ( $L h^{-1}$ ),  $T_f$  o tempo de fertirrigação adotado (h) e  $C_f$  a concentração final na água de irrigação ( $g L^{-1}$ ).

O volume de água necessário para diluir o fertilizante é obtido a partir da concentração da solução a ser injetada (equação 25).

$$V = \frac{M_{fa}}{C_s} \quad (25)$$

em que  $V$  é o volume de água necessário para preparar a solução (L).

O volume do tanque deve ser o volume comercial mais próximo e superior ao volume da solução calculado.

A aplicação da solução de fertilizantes na linha de irrigação pode ser iniciada tão logo todo o sistema esteja em pleno funcionamento, com todas as linhas cheias de água. Recomenda-se, quando possível, um intervalo próximo de 15 minutos entre o início da irrigação e o início da fertirrigação para permitir o enchimento das tubulações e a estabilização da pressão e vazão dos emissores. No final da fertirrigação, é necessário continuar a irrigação por, pelo menos, o mesmo tempo entre o início da irrigação e o início da fertirrigação, para que todo o fertilizante seja expulso da tubulação e dos emissores, ficando completamente limpos dos produtos aplicados.

De posse da quantidade de adubo e do volume da solução no tanque de injeção, é necessário verificar se a solubilidade obtida é igual ou inferior à solubilidade do fertilizante. Como exemplo, a solubilidade da ureia é 78%. Isso significa que 78 kg de ureia são dissolvidos em 100 L de água ou 780 g de ureia são solubilizados em 1 L de água.

## **Cálculo da solução quando a quantidade de nutrientes é expressa em concentração**

Quando, na recomendação de adubação, a quantidade de nutrientes for expressa em concentração, na unidade de ppm (partes por milhão) ou  $\text{mg L}^{-1}$ , o procedimento de cálculo parte dessa concentração, que é aquela na saída do emissor. Nesse caso, conhecendo-se o tipo de nutriente, a dose requerida por aplicação (concentração final) e a sua fonte, a vazão do sistema de irrigação, a razão de injeção e o tempo de fertirrigação, o cálculo para preparar a solução inicial pode ser feito adotando-se a sequência de equações: 23, 17, 26, 27 e 28 (COELHO, 2002).

- Vazão de injeção.

$$q_i = r_i \times Q_b$$

- Concentração da solução inicial no tanque.

$$C_s = \frac{Q_f \times C_f}{q_i}$$

- Volume de água aplicado durante a fertirrigação.

$$V = Q_f \times T_f \quad (26)$$

- Quantidade de fertilizante por aplicação.

$$M_{fa} = C_f \times V \quad (27)$$

- Volume de água necessário para preparar a solução no tanque.

$$V_s = \frac{M_{fa}}{C_s} \quad (28)$$

em que  $q_i$  é a vazão de injeção ( $\text{L h}^{-1}$ ),  $r_i$  a razão de injeção,  $Q_f$  a vazão final do sistema de irrigação ( $\text{L h}^{-1}$ ),  $C_f$  a concentração da água na saída dos emissores ( $\text{g L}^{-1}$ ),  $C_s$  a concentração da solução fertilizante no tanque ( $\text{g L}^{-1}$ ),  $V_s$  o volume de água para

preparar a solução no tanque (L),  $M_{fa}$  a quantidade de fertilizante por aplicação (g),  $V$  o volume de água total aplicado durante a fertirrigação (L) e  $T_f$  o tempo de fertirrigação (h).

A determinação da quantidade de fertilizantes ( $M_{fa}$ ) é feita transformando-se os valores da concentração  $C_s$  em massa de fertilizantes (g), como mostra a sequência do Exemplo 3 e auxilia a Tabela 7, que apresenta os fatores de transformação do nutriente no composto-fonte ou vice-versa.

### Exemplo 3

Deseja-se aplicar via fertirrigação 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca. Determinar a quantidade de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> necessária para fornecer a quantidade de cálcio, considerando-se  $r_i = 0,01$ ,  $Q_f = 5.000 \text{ L h}^{-1}$  e  $T_f = 1 \text{ h}$ .

$$q_i = 0,01 \times 5.000 \quad \rightarrow \quad q_i = 50 \text{ L h}^{-1}$$

$$V = 5.000 \times 1 \quad \rightarrow \quad V = 5.000 \text{ L}$$

Determinação da concentração de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

$$C_{\text{Ca(NO}_3)_2} = Mg \times f$$

em que  $f$  é o fator de conversão (Tabela 5).

$$C_{\text{Ca(NO}_3)_2} = 300 \times 4,094 \quad \rightarrow \quad C_{\text{Ca(NO}_3)_2} = 1.228,2 \text{ mg L}^{-1} \text{ de Ca(NO}_3)_2 = 1,2282 \text{ g L}^{-1}$$

$$C_s = \frac{1,228 \times 5.000}{50} \quad \rightarrow \quad C_s = 122,82 \text{ g L}^{-1}$$

Determinação da quantidade de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> [ $M_{\text{Ca(NO}_3)_2}$ ].

$$M_{\text{Ca(NO}_3)_2} = C_{\text{Ca(NO}_3)_2} V$$

$$M_{\text{Ca(NO}_3)_2} = 1,2282 \times 5.000 = 6.140 \text{ g de Ca(NO}_3)_2$$

**Tabela 7.** Fatores de conversão para os sais fertilizantes.

A	B	Fatores de conversão			
		A	→	B	B → A
Nutriente	Fonte de nutrientes				
Nitrogênio (N)	Nitrato – NO <sub>3</sub>	4,429		0,226	
	Nitrato de potássio – KNO <sub>3</sub>	7,221		0,1385	
	Nitrato de cálcio – Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	5,861		0,171	
	Sulfato de amônio – (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,721		0,212	
	Nitrato de amônio – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	2,857		0,350	
Fósforo (P)	Anidrido fosfórico – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,292		0,436	
	Ácido fosfórico – H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3,164		0,316	
	Fosfato – PO <sub>4</sub>	3,066		0,326	
Potássio (K)	Potássio – K <sub>2</sub> O	1,205		0,830	
	Nitrato de potássio – KNO <sub>3</sub>	2,586		0,387	
	Cloreto de potássio – KCl	1,907		0,524	
	Sulfato de potássio – K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,229		0,449	
Cálcio (Ca)	Óxido de cálcio – CaO	1,399		0,715	
	Nitrato de cálcio – Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,094		0,244	
	Cloreto de cálcio – CaCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	5,467		0,183	
	Sulfato de cálcio – CaSO <sub>4</sub>	-		-	
Magnésio (Mg)	Óxido de magnésio – MgO	1,658		0,603	
	Sulfato de magnésio – MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	10,14		0,0986	
Enxofre (S)	Ácido sulfúrico – H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,059		0,327	
	Sulfato de amônio – (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,124		0,2425	
	Sulfato de potássio – K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,437		0,184	
	Sulfato de magnésio – MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	7,689		0,130	
	Sulfato de cálcio – CaSO <sub>4</sub>	5,371		0,186	

Fonte: Resh (2001).

Assim, o volume necessário para preparar a solução será:

$$V = \frac{6.141}{122,82} \rightarrow V = 50 \text{ L}$$

No cálculo da massa de uma fonte de nutrientes, é necessário saber a pureza do fertilizante. A Tabela 8 apresenta as porcentagens de pureza de algumas fontes de nutrientes. No exemplo, a massa de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  será de  $6.140/0,95 = 6.463 \text{ g}$ .

**Tabela 8.** Porcentagem de pureza de algumas fontes de nutrientes.

Fonte de nutrientes	Pureza (%)
Nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ )	95
Nitrato de cálcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	95
Sulfato de amônio $\text{NH}_4(\text{SO}_4)$	94
Nitrato de amônio $\text{NH}_4\text{NO}_3$	98
Cloreto de potássio KCl	95
Sulfato de potássio $\text{K}_2\text{SO}_4$	90
Cloreto de cálcio $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	75
Sulfato de amônio $\text{NH}_4(\text{SO}_4)$	94

Fonte: Resh (2001).

## Referências

ALARCON, A. L. Fertilizantes para fertirrigación: tablas prácticas orientativas. In: NAMESNY, A. **Melones**. Barcelona: Ediciones de Horticultura, 1997. 277 p.

BURT, C. M.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: Irrigation Training and Research Center-California Polytechnic State University, 1995. 295 p.

CADAHIA LÓPEZ, C.; EYMAR ALONSO, E. Cálculo y preparación de disoluciones fertilizantes. In: CADAHIA, C. **Fertirrigación: cultivos hortícola y ornamentales**. Madrid, ES: Mundi-Prensa, 1998. 475 p.

COELHO, E. F. Cálculo e preparo da solução de fertilizantes. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. (Org.). **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p. 54-67.

COELHO, E. F.; BORGES, A. L.; SOUSA, V. F. de; OLIVEIRA, A. S. de; AGUIAR NETTO, A. de O. **Irrigação e fertirrigação da mangueira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. 26 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 39).

DOMINGUEZ VIVANCOS, A. **Fertirrigacion**. 2a. ed. Madrid, ES: Mundi-Prensa, 1996. 233 p.

EGREJA FILHO, F. B.; MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. de. Método computacional para correção da alcalinidade de águas para fertirrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 415-423, 1999.

LANDIS, T. D. Mineral nutrients and fertirrigation. In: LANDIS, T. D.; TINUS, R. W.; McDONALD, S. E.; BARNETT, J. P. **The container tree nursery manual**. Washington, DC.: Department of Agriculture, Forest Service, 1989. p. 1-67.

MONTAG, U. J. Fertigation in Israel. In: AGRICULTURAL CONFERENCE ON MANAGING PLANT NUTRITION, 1999. Barcelona. **Proceedings...** Barcelona: IFA, 1999. 24 p.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citruss, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 11-154.

RESH, H. M. **Hydroponic food production**. 6. ed. Santa Barbara: Woodbridge Press, 2001. 567 p.

SHANI, M. **La fertilizacion combinada con el riego**. Telaviv: Ministerio de Agricultura de Israel, 1983. 36 p.

SOUSA, V. F. de; COELHO, E. F. Manejo de fertirrigação em fruteiras. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C. do; RESENDE, R. S. (Org). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Bento Gonçalves: Guaíba: Agropecuária Ltda, 2001. v. 2., p. 289-317.

SOUSA, V. F. de; PINTO, J. M.; COELHO, E. F. Manejo de fertirrigação. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. (Org.). **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p. 43-53.

SOUSA, V. F. de; RODRIGUES, B. H. N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; COELHO, E. F.; VIANA, F. M. P.; SILVA, P. H. S. da. **Cultivo do meloeiro sob fertirrigação por gotejamento no meio-norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 1999. 68 p. (Embrapa Meio Norte. Circular Técnica, 21).

VIEIRA, R. F.; RAMOS, M. M. Fertirrigação. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.